

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3146505号

(P3146505)

(45) 発行日 平成13年 3月19日 (2001. 3. 19)

(24) 登録日 平成13年 1月12日 (2001. 1. 12)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

H 0 1 S 5/026

H 0 1 S 5/026

G 0 2 F 1/37

G 0 2 F 1/37

請求項の数 2 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平3-77016

(22) 出願日 平成3年 3月15日 (1991. 3. 15)

(65) 公開番号 特開平4-287389

(43) 公開日 平成4年10月12日 (1992. 10. 12)

審査請求日 平成9年12月15日 (1997. 12. 15)

(73) 特許権者 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 石川 信

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100108578

弁理士 高橋 昭男 (外3名)

審査官 杉山 輝和

(56) 参考文献 特開 平3-3286 (J P, A)

特開 昭62-86881 (J P, A)

特開 昭63-200586 (J P, A)

特開 平2-52478 (J P, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 集積型半導体レーザ素子

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに光学的に結合した発光部と波長変換部との二領域をGaAs基板上に構成してなる集積素子において、前記発光部には、発振波長 λ のGaAs/AlGaAsまたはInGaAs/AlGaAsダブルヘテロ型半導体レーザが形成されており、前記波長変換部には、ZnSe/ZnS歪超格子から構成されるスラブ型光導波層が形成されており、前記発光部の端面には波長 λ に対して高反射率の誘電体多層膜が形成されており、前記波長変換部の端面には波長 λ に対するよりも波長 $\lambda/2$ に対して低い反射率を示す誘電体多層膜が形成されており、かつ前記発光部と波長変換部との結合部の近傍における前記波長変換部に周期 $(2m+1)\lambda/4n_{\text{eff}}$ (n_{eff} : 波長変換部の等価屈折率、 m : 正の整数) のグレーティングが形成されていることを特徴とす

2

る集積型半導体レーザ素子。

【請求項2】 互いに光学的に結合した発光部と波長変換部との二領域をGaAs基板上に構成してなる集積素子において、前記発光部には、発振波長 λ のGaAs/AlGaAsまたはInGaAs/AlGaAsダブルヘテロ分布反射型半導体レーザが形成されており、前記波長変換部には、ZnSe/ZnS歪超格子から構成されるスラブ型光導波層が形成されており、前記発光部の端面には波長 λ に対して高反射率の誘電体多層膜が形成されており、前記波長変換部の端面には波長 λ に対するよりも波長 $\lambda/2$ に対して低い反射率を示す誘電体多層膜が形成されており、かつ前記発光部と波長変換部との結合部の近傍における前記波長変換部に周期 $(2m+1)\lambda/4n_{\text{eff}}$ (n_{eff} : 波長変換部の等価屈折率、 m : 正の整数) のグレーティングが形成されていること

を特徴とする集積型半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光情報処理、光計測等に有用な緑青色レーザ光源に関し、特に緑青色帯の光を発生する集積型半導体レーザ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】緑青色レーザ光源は、光計測に広く用いられているが、光計測以外の分野でも光ディスク用の光源として高密度化が可能となるので、近年その需要が高まっている。光ディスクに応用する場合には小型化が必須であるが、小型であってしかも高い効率で発振する半導体レーザでは、現在のところ緑青色発振が得られていない。そこでGaAs/AlGaAs半導体レーザからの0.8μm帯の発振光を非線形光学素子に入力し、緑青色の第2高調波(SHG)を得る研究が活発となっている。図5は、従来の第2高調波を利用した緑青色レーザの構成例である(電子通信技術研究報告 OQE90-23)。半導体レーザ14からの0.81μmの発振光は、結合光学系15を経て、共振器内に設置したNd:YAGロッド16に入力される。励起光により反転分布状態となったNd:YAGは、1.064μmの発振光を出射するが非線形光学素子のKTP17が同じ共振器内に設置してあるため、第2高調波である0.532μmの緑色レーザ光が出力反射鏡18から出射される。SHGの変換効率は入射光密度に比例するが、図5の構成例ではKTP17が共振器内に設置されているから、共振器内の高い光密度を利用でき、高い効率で緑色SHG発光が得られる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来の技術では、共振器を構成するミラーだけでなく励起用半導体レーザ14の発振光をNd:YAGロッド16に導く結合光学系15が必要となるから、装置の小型化には限界がある。さらに図5の構成では、半導体レーザ14を励起源としてNd:YAGレーザを発振させ、その発振光からSHG光を取り出すという、二段階のプロセスを経ている。従って入力電力に対して得られるSHG出力が小さく、低消費電力化が困難である。加えてこの方法では、Nd:YAGレーザの緩和時間が長いので光ディスクの書き込みで必要な~MHz以上の高速変調が不可能である。こうした小型化、低消費電力化及び高速変調が従来の技術の課題であった。

【0004】

【課題を解決するための手段】前述の課題を解決するために本発明が提供する手段には二つあり、その第1は、互いに光学的に結合した発光部と波長変換部との二領域をGaAs基板上に構成してなる集積素子において、前記発光部には、発振波長λのGaAs/AlGaAsまたはInGaAs/AlGaAsダブルヘテロ型半導体

レーザが形成されており、前記波長変換部には、ZnSe/ZnS歪超格子から構成されるスラブ型光導波層が形成されており、前記発光部の端面には波長λに対して高反射率の誘電体多層膜が形成されており、前記波長変換部の端面には波長λに対するよりも波長λ/2に対して低い反射率を示す誘電体多層膜が形成されており、かつ前記発光部と波長変換部との結合部の近傍における前記波長変換部に周期 $(2m+1)\lambda/4n_{eff}$ (n_{eff} : 波長変換部の等価屈折率、m: 正の整数)のグレーティングが形成されていることを特徴とする。

【0005】本発明が提供する第2の手段は、互いに光学的に結合した発光部と波長変換部との二領域をGaAs基板上に構成してなる集積素子において、前記発光部には、発振波長λのGaAs/AlGaAsまたはInGaAs/AlGaAsダブルヘテロ分布反射型半導体レーザが形成されており、前記波長変換部には、ZnSe/ZnS歪超格子から構成されるスラブ型光導波層が形成されており、前記発光部の端面には波長λに対して高反射率の誘電体多層膜が形成されており、前記波長変換部の端面には波長λに対するよりも波長λ/2に対して低い反射率を示す誘電体多層膜が形成されており、かつ前記発光部と波長変換部との結合部の近傍における前記波長変換部に周期 $(2m+1)\lambda/4n_{eff}$ (n_{eff} : 波長変換部の等価屈折率、m: 正の整数)のグレーティングが形成されていることを特徴とする。

【0006】

【0007】

【作用】本発明の第1の構造では、GaAs/AlGaAs-SCM量子井戸活性層3で発生した発振光は直接結合したZnSe/ZnS歪超格子光導波層6を経由して、両端面に反射鏡として形成されている誘電体膜11、12の間で共振する。ZnSe、ZnSは尖晶鉛鉱型の結晶構造であるから $\sim 200 \times 10^{-8}$ e s uの高い非線形光学定数を持ち、かつワイドギャップの半導体であるから0.4μm以上の光に対して透明である。従って光導波層6において、 $\sim 0.8\mu\text{m}$ の発振光の第二高調波を効率よく発生することができる。この構造では、両端面に誘電体膜11、12で形成された高反射ミラーでなる共振器の内部に非線形光学媒体が設置されており、加えてこの非線形光学媒体には二次元的な光閉じ込めを可能とする光導波路が形成されているので高い光密度を容易に実現することができる。第二高調波の変換効率は光密度に比例するので、高光密度は高効率変換をもたらす。この際両領域結合部近傍に、発振波長λに対して周期 $(2m+1)\lambda/4n_{eff}$ (n_{eff} : 波長変換部の等価屈折率、m: 正の整数)の結合グレーティング7を形成することにより、発振光はこの部分を透過できるが、第二高調波は透過できないようにすることができる。従って波長変換部で発生した高調波は、発光部に入射して吸収されることなく、透過特性をもつ出力側誘電

体膜 11 から効率よく取り出すことができる。

【0008】本発明の第2の構造ではDBRグレーティング13を設けることができる。この構造では、GaAs/AlGaAs-SCH量子井戸活性層3で発生した光は、誘電体膜12とDBRグレーティング13の間で共振する。発振光は直接結合で非線形光学媒体であるZnSe/ZnS歪超格子光導波層6に導かれる。しかし出力側誘電体膜11も発振光に対して高反射となっているから、発振光はDBRグレーティング13と誘電体膜11の間で再び共振する。この際に発振光は、DBRグレーティング13のブラッグ波長によって決定されるから、DBRグレーティング13で選択された発振光は波長変換部でも必ず共振する。加えてこの構造でも、二次元的な光閉じ込めを可能とする光導波路が形成されているので、高効率変換に有利な高い光密度を容易に実現することができる。

【0009】さらに第1、第2いずれの構造でも、半導体レーザからの発振光を直接結合で非線形光学媒体に導いているので、むだな損失がなく入力電力に対する変換効率も高い。また半導体レーザは、緩和時間が極めて短いためGHz領域まで直接変調が可能であり、光ディスクの書き込み用光源にも適用できる。本発明の集積型半導体レーザ素子はGaAs基板上にモノリシックに形成されており、個別の半導体レーザと同程度の極めて小型の光源である。以上より本発明の構造では、高効率で直接変調可能な超小型の緑青色レーザ光源を実現することができる。

【0010】

【実施例】以下に図面を参照して本発明の実施例を詳しく説明する。図1及び図2はそれぞれ本発明の第1の構造に係る一実施例を示す構造斜視図および断面図である。まずn-GaAs基板1上にMOVPEまたはMBE等の気相成長法を用いて、n-AlGaAsクラッド層2、GaAs/AlGaAs-SCH量子井戸活性層3、p-AlGaAsクラッド層4を順次積層する。量子井戸活性層3は層厚70～100ÅのGaAs井戸層とAlGaAs光ガイド層から成るSCH構造である。次にウェットエッチングまたはドライエッチングを用いて部分的に成長層2、3、4を除去した後、再びMOVPE気相成長法を用いて除去した部分にノンドープのZnSe/ZnS歪超格子クラッド層5、ZnSe/ZnS歪超格子光導波層6、ZnSe/ZnS歪超格子クラッド層5を順次に選択的に成長する。この時、量子井戸活性層3と光導波層6の位置を一致させておくことが重要である。ZnSe、ZnSはGaAsに対してそれぞれ+0.3%、-4.6%の格子不整をもっているが、数10Å程度の薄膜で超格子を形成すればミスフィット転位も発生せず、良好なエピタキシャル成長層を得ることができる。この際例えば、光導波層6ではZnSe:10Å/ZnS:10Åの超格子、クラッド層5で

はZnSe:10Å/ZnS:20Åの超格子というようにZnSの層厚に対するZnSeの層厚を光導波層6ではクラッド層5よりも高めて設定する。ZnSeはZnSより屈折率が大きいため、光導波層6の平均的な屈折率はクラッド層5のそれより高くなり、発振光を効果的に導波することが可能となる。また超格子層のバンドギャップは、ほぼ平均組成で与えられると考えられるため、ZnSe:10Å/ZnS:10Åの超格子からなる光導波層6の等価バンドギャップは～3.15eVとなる。従って光導波層6は～0.4μm以上の光に対しては透明となり、～0.8μmの発振光およびその第二高調波を吸収することなく導波することができる。また光導波層6の層厚を制御することにより、発振光の等価屈折率と第二高調波の等価屈折率とを一致させることができる。従って光導波層6の層厚を適切に制御することにより、高効率変換には不可欠な位相整合条件を満足させることができる。次に波長変換部の両領域結合部近傍に、二光束干渉露光法により周期 $(2m+1)\lambda/4n_{eff}$ (n_{eff} :波長変換部の等価屈折率、m:正の整数、 λ :発振光波長)の結合グレーティング7を形成する。さらに水平横モードを制御するためのリッジ構造をウェットエッチングまたはドライエッチングにより形成し、n電極8、p電極9および誘電体保護膜10を形成する。この場合P電極9は発光部のみに形成する。最後に発光部端面に～0.8μmの発振光に対して高反射となる誘電体膜12を、波長変換部端面には～0.8μmの発振光に対して高反射かつ～0.4μmの第二高調波に対して低反射となる誘電体膜11を形成して本発明に係わる一実施例の構造が完成する。

【0011】図3及び図4はそれぞれ本発明の第2の構造に係わる実施例を示す構造斜視図および断面図である。前述の図1及び図2の構造と同様に発光部と波長変換部にそれぞれエピタキシャル成長した後、発光部の両領域結合部近傍に二光束干渉露光法によりDBRグレーティング13を形成する。DBRグレーティング13の周期は、発振光 λ に対して反射として作用するように $m\lambda/2n_{eff2}$ (n_{eff2} :発光部の等価屈折率、m:正の整数)とする。非注入とした量子井戸層は、その発振光に対して低損失な導波路となるため、この構造で高効率なDBR発振が得られる。その後は前述の構造と同様に、結合グレーティング7、n電極8、p電極9、誘電体保護膜10、出射側誘電体膜11、裏面側誘電体膜12を形成する。この際p電極9は、DBRグレーティング13を除いた発光部のみに形成する。この結果、本発明に係わる第二の実施例の構造が完成する。

【0012】本発明の第1の構造では、GaAs/AlGaAs-SCH量子井戸層3で発生した発振光は直接結合したZnSe/ZnS歪超格子光導波層6を経由して、両端面に反射鏡として設けられた誘電体膜11、12の間で共振する。ZnSe、ZnSは尖亜鉛鋅型の結

7

晶構造であるから $\sim 200 \times 10^{-9}$ e s uの高い非線形光学定数を持ち、かつワイドギャップの半導体であるから $0.4 \mu\text{m}$ 以上の光に対して透明である。従って光導波層6において、 $\sim 0.8 \mu\text{m}$ の発振光の第二高調波を効率よく発生することができる。この構造では、両端面の誘電体膜11、12でなる高反射ミラーで構成された共振器の内部に非線形光学媒体が設置されており、加えてこの非線形光学媒体には二次元的な光閉じ込めを可能とする光導波路が形成されているので、高い光密度を容易に実現することができる。第二高調波の変換効率は入射光密度に比例するので、高光密度は高効率変換をもたらす。この際両領域結合部近傍には、発振波長 λ に対して周期 $(2m+1)\lambda/4n_{\text{eff}}$ (n_{eff} : 波長変換部の等価屈折率、 m : 正の整数)の結合グレーティング7を形成することにより発振光はこの部分を透過できるが、第二高調波は透過できない。従って波長変換部で発生した高調波は、発光部に入射して吸収されることなく、透過特性をもつ出力側誘電体膜11から効率よく取り出すことができる。

【0013】本発明の第2の構造では、GaAs/AlGaAs-SCH量子井戸層3で発生した光は、裏面側誘電体膜12とDBRグレーティング13の間で共振する。発振光は直接結合で非線形光学媒体であるZnSe/ZnS歪超格子光導波層6に導かれる。しかし出力側誘電体膜11も発振光に対して高反射となっているから、発振光はDBRグレーティング13と誘電体膜11の間で再び共振する。この際発振光は、DBRグレーティング13のブラッグ波長によって決定されるので、DBRグレーティング13で選択された発振光は波長変換部でも必ず共振する。加えてこの構造でも、二次元的な光閉じ込めを可能とする光導波路が形成されているから、高効率変換に有利な高い光密度を容易に実現することができる。

【0014】さらに第1、第2いずれの構造でも、半導体レーザからの発振光を直接結合で非線形光学媒体に導いているので、むだな損失がなく入力電力に対する変換効率も高い。また半導体レーザは、緩和時間が極めて短いため $\sim\text{GHz}$ 領域まで直接変調が可能であり、光ディスクの書き込み用光源にも適用できる。本発明の緑青色光源はGaAs基板上にモノリシックに形成されており、半導体レーザと同程度の極めて小型の光源である。

8

以上より本発明の構造では、高効率で直接変調可能な超小型の緑青色レーザ光源を実現することができる。

【0015】以上に示した本発明の実施例では、GaAs/AlGaAs量子井戸を用いたリッジ導波型横モード制御構造を示したが、InGaAs/AlGaAs歪量子井戸を用いてもよく、また他の横モード制御構造を用いても全く同様の構造を形成することができる。

【0016】

【発明の効果】以上に実施例を挙げて詳しく説明したように、本発明によれば、小型で、消費電力が低く、しかも高速に変調でき、緑青色光を出力する集積型半導体レーザ素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係わる構造斜視図である。

【図2】図1の実施例に係わる断面および共振状態を示す図である。

【図3】本発明の別の実施例に係わる構造斜視図である。

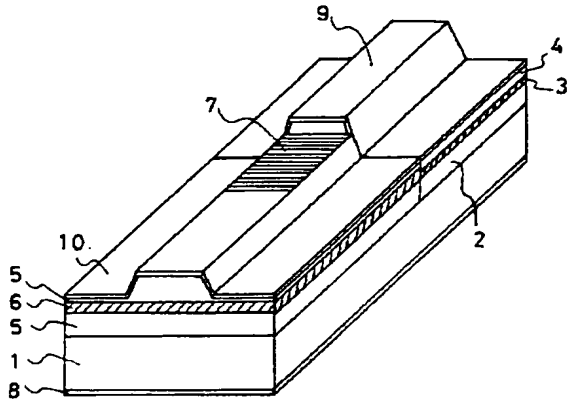
【図4】図3の実施例に係わる断面および共振状態を示す図である。

【図5】従来の技術により緑青色光を得る構成を示す図である。

【符号の説明】

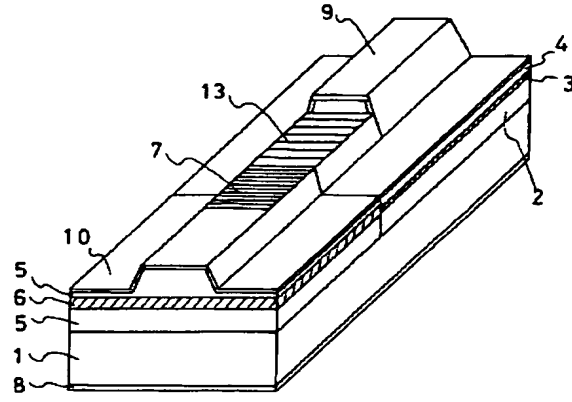
- | | |
|----|------------------------|
| 1 | n-GaAs基板 |
| 2 | n-AlGaAsクラッド層 |
| 3 | GaAs/AlGaAs-SCH量子井戸活性層 |
| 4 | p-AlGaAsクラッド層 |
| 5 | ZnSe/ZnS歪超格子クラッド層 |
| 6 | ZnSe/ZnS歪超格子光導波層 |
| 7 | 結合グレーティング |
| 8 | n電極 |
| 9 | p電極 |
| 10 | 誘電体保護膜 |
| 11 | 出射側誘電体膜 |
| 12 | 裏面側誘電体膜 |
| 13 | DBRグレーティング |
| 14 | 半導体レーザ |
| 15 | 結合光学系 |
| 16 | Nd:YAG |
| 17 | KTP |
| 18 | 出力反射鏡 |

【図1】



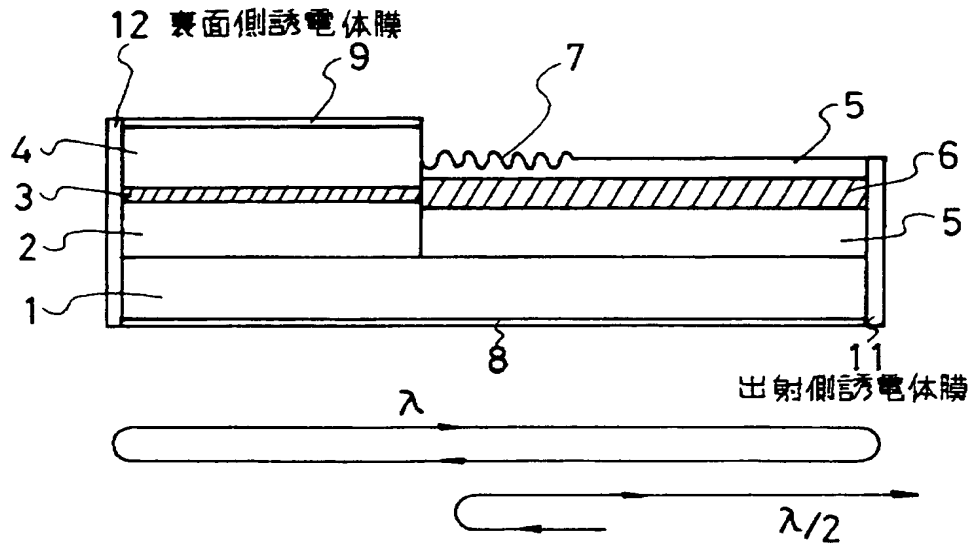
- 2 n-AlGaAs クラッド層
3 GaAs/AlGaAs
SCH量子井活性層
4 P-AlGaAs クラッド層
5 ZnSe/ZnS 歪超格子クラッド層
6 ZnSe/ZnS 歪超格子光導波層
7 結合フレーティング
8 結合フレーティング

【図3】

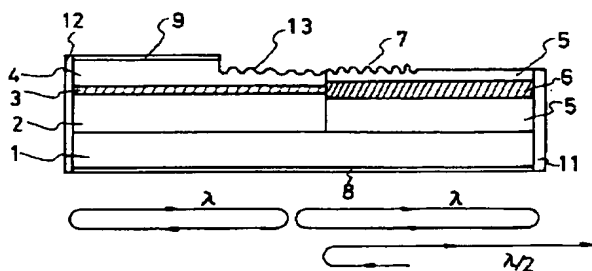


- 2 n-AlGaAs クラッド層
3 GaAs/AlGaAs
SCH量子井活性層
4 P-AlGaAs クラッド層
5 ZnSe/ZnS 歪超格子クラッド層
6 ZnSe/ZnS 歪超格子光導波層
7 結合フレーティング
13 DBRフレーティング

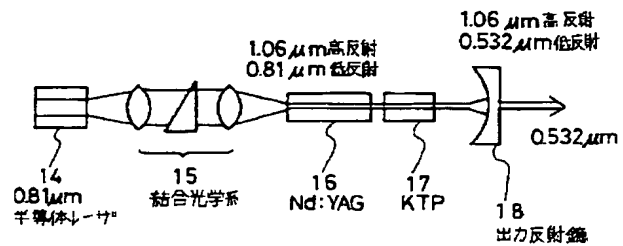
【図2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01S 5/00 - 5/50

G02F 1/37